



(19) **RU** (11) **2 141 168** (13) **C1**
(51) Int. Cl.⁶ **H 04 B 7/02**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

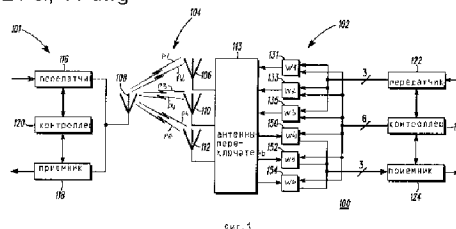
(21), (22) Application: 97108171/09, 16.05.1997
(24) Effective date for property rights: 16.05.1997
(30) Priority: 17.05.1996 GB 9610428.6
17.05.1996 GB 9610357.7
(46) Date of publication: 10.11.1999
(98) Mail address:
129010, Moskva, B.Spasskaja, 25, str.3,
Sojuzpatent, Emel'janovu E.I.

(71) Applicant:
Motorola Limited (GB)
(72) Inventor: Nikolas Uinnett (GB)
(73) Proprietor:
Motorola Limited (GB)

(54) **DEVICE AND METHOD FOR WEIGHTING SIGNALS IN RADIO TRANSMISSION PATH**

(57) Abstract:
FIELD: radio engineering, communication equipment. SUBSTANCE: receiving device receives reference signal which is transmitted through at least one antenna of transmitting device antenna array, calculates weight which is related to at least one antenna and transmits weight information to transmitting device. Said transmitting device corrects weight, which is related to said at least one antenna, according to weight information which is

received from receiving device. EFFECT: increased precision of established weights. 24 cl, 11 dwg



RU 2 141 168 C1

RU 2 141 168 C1



(19) **RU** (11) **2 141 168** (13) **C1**
(51) МПК⁶ **H 04 B 7/02**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 97108171/09, 16.05.1997
(24) Дата начала действия патента: 16.05.1997
(30) Приоритет: 17.05.1996 GB 9610428.6
17.05.1996 GB 9610357.7
(46) Дата публикации: 10.11.1999
(56) Ссылки: US 5412414 A, 02.05.94. US 3717814
A, 20.03.73. US 5294934, A 15.05.94. SU
634217, A 25.11.78.
(98) Адрес для переписки:
129010, Москва, Б.Спасская, 25, стр.3,
Союзпатент, Емельянову Е.И.

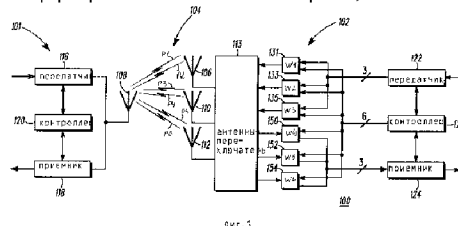
(71) Заявитель:
Моторола Лимитед (GB)
(72) Изобретатель: **Николас Уиннетт (GB)**
(73) Патентообладатель:
Моторола Лимитед (GB)

(54) **УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ВЗВЕШИВАНИЯ СИГНАЛОВ НА ТРАКТЕ РАДИОПЕРЕДАЧИ
(ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

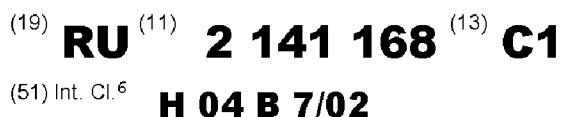
Приемное средство связи принимает опорный сигнал, передаваемый через по меньшей мере одну из антенн антенной решетки передающего средства связи. Приемное средство связи определяет весовой коэффициент, связанный по меньшей мере с одной из антенн, и передает весовую информацию на передающее средство связи. Передающее средство связи корректирует весовой коэффициент, связанный с упомянутой по меньшей мере одной из антенн в соответствии с весовой информацией,

принятой от приемного средства связи. Технический результат заключается в повышении точности установки весовых коэффициентов. 3 с. и 21 з.п. ф-лы, 11 ил.



RU 2 141 168 C1

RU 2 141 168 C1



(12) ABSTRACT OF INVENTION

(71) Applicant:
Motorola Limited (GB)

(72) Inventor: **Nikolas Uinnett (GB)**

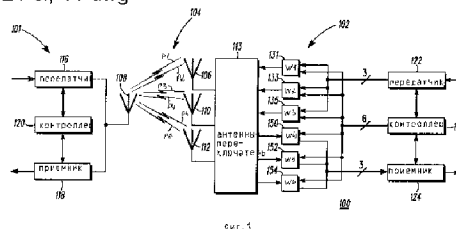
(73) Proprietor:
Motorola Limited (GB)

(98) Mail address:
129010, Moskva, B.Spasskaja, 25, str.3,
Sojuzpatent, Emel'janovu E.I.

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication equipment. SUBSTANCE: receiving device receives reference signal which is transmitted through at least one antenna of transmitting device antenna array, calculates weight which is related to at least one antenna and transmits weight information to transmitting device. Said transmitting device corrects weight, which is related to said at least one antenna, according to weight information which is

received from receiving device. EFFECT:
increased precision of established weights.
24 cl, 11 dwg



Изобретение относится к антенным решеткам.

Антенные решетки содержат несколько антенн для передачи радиочастотных сигналов по беспроводным линиям связи. Эксплуатационные характеристики антенных решеток выше эксплуатационных характеристик одной антенны, так как они обеспечивают лучшую диаграмму направленности для зоны обслуживания.

Но даже при улучшении диаграммы направленности за счет использования антенной решетки сигналы, передаваемые между средствами радиосвязи, подвержены воздействию помех. Стреления, возвышенности и другие объекты вызывают многолучевое распространение волн, а средства связи и источники энергии порождают шум, что приводит к ошибкам в сигналах, передаваемых между средствами связи.

Для уменьшения таких ошибок были разработаны технологии, направленные на оптимизацию тракта радиоприема в средстве связи, использующем антенную решетку. Путем изменения весового коэффициента сигналов, принятых каждой отдельной антенной решетки, можно изменять диаграмму направленности антенны для улучшения радиоприема сигналов с определенного направления или обеспечения комбинации многолучевых сигналов, не вызывающей их ослабления. В этих технологиях весовые коэффициенты сигналов антенной решетки корректируются с целью получения максимального коэффициента усиления на тракте радиоприема, для чего используется измерение сигнала на выходе радиоприемника. Но весовые коэффициенты, полученные для тракта радиоприема, не обеспечивают оптимальные весовые коэффициенты для тракта радиопередачи.

Следовательно, существует потребность в получении улучшенных весовых коэффициентов антенной решетки для радиопередатчика.

Средство связи включает схемы весовой обработки сигналов, включенные между антеннами антенной решетки и радиопередатчиком. К схемам весовой обработки сигналов подключен контроллер, который дает команду передатчику передавать опорный сигнал через по меньшей мере одну из антенн и корректирует весовой коэффициент, связанный с указанной по меньшей мере одной из антенн на основании весовой информации, принятой от другого средства связи, за счет чего тракт радиопередачи можно изменять в соответствии с опорным сигналом, переданным через указанную по меньшей мере одну антенну.

Другой вариант осуществления изобретения включает в себя приемное средство связи, принимающее сигнал, передаваемый через каждую из нескольких антенн в передающем средстве связи. Схемы вычисляют по меньшей мере один весовой коэффициент для тракта радиопередачи другого средства связи из опорного сигнала, принятого каждой антенной. Указанный по меньшей мере один весовой коэффициент передается на другое средство связи.

Предложены также способ функционирования передающего средства

связи и способ функционирования приемного средства связи.

В дальнейшем изобретение поясняется описанием примеров его воплощения со ссылками на прилагаемые чертежи, в числе которых

фиг. 1 изображает структурную схему системы радиосвязи, включающую средство радиосвязи с антенной решеткой,

фиг. 2 - структурную схему, аналогичную схеме на фиг. 1, но с более детальной иллюстрацией схем весовой обработки сигналов для тракта радиопередачи, изображенного на фиг. 1,

фиг. 3 - алгоритм выполнения способа регулировки усиления на тракте радиопередачи в средстве радиосвязи, имеющем антенную решетку,

фиг. 4 - алгоритм выполнения способа регулировки усиления на тракте радиопередачи в средстве радиосвязи, имеющем антенную решетку,

фиг. 5 - алгоритм, иллюстрирующий способ работы средства радиосвязи, находящегося на связи со средством радиосвязи, которое работает в соответствии с фиг. 4,

фиг. 6 - диаграмму потока сигналов, передаваемых между средствами радиосвязи,

фиг. 7 - структурную схему, иллюстрирующую систему связи, включающую два средства радиосвязи с антенными решетками,

фиг. 8 - структурную схему контроллера, предназначенного для использования в средстве радиосвязи, имеющем корректор на тракте радиоприема,

фиг. 9 - структурную схему, иллюстрирующую альтернативный контроллер, предназначенный для использования в средстве радиосвязи, имеющем корректор на тракте радиоприема,

фиг. 10 иллюстрирует работу системы, изображенной на фиг. 8, с четырьмя передающими антеннами по сравнению с системой стандарта GSM, не содержащей антенной решетки,

фиг. 11 иллюстрирует способ работы контроллера, изображенного на фиг. 9, по сравнению с контроллером, изображенным на фиг. 8,

фиг. 12 - диаграмму потока сигналов, иллюстрирующую опорный сигнал при использовании корректора на тракте радиоприема.

Система радиосвязи 100 (фиг. 1) включает в себя средство радиосвязи 101 и средство радиосвязи 102, которые осуществляют связь по каналу связи 104. Средством радиосвязи 101 может служить радиомодем (модулятор/демодулятор), сотовый радиотелефон, беспроводный радиотелефон, средство двусторонней радиосвязи, пейджер, базовая радиостанция или любое иное средство радиосвязи. Средством радиосвязи 102 является средство связи, дополнительное к средству связи 101, такое как радиомодем (модулятор/демодулятор), сотовый радиотелефон, беспроводный радиотелефон, средство двусторонней радиосвязи, пейджер, базовая радиостанция или любое иное средство радиосвязи. В контексте данной заявки понятие "средство радиосвязи" относится к любому из перечисленных

устройств и их эквивалентам.

Каналом связи 104 является беспроводная линия радиосвязи, которая может подвергаться многолучевому распространению. Следовательно, каналы P1 и P2 представляют два тракта сигналов между первой антенной 106 средства связи 102 и антенной 108 средства связи 101. Каналы связи P3 и P4 проходят между антенной 110 и антенной 108. Каналы связи P5 и P6 проходят между антенной 112 и антенной 108. При этом подразумевается, что реальное число каналов связи между любой из антенн 106, 110 и 112 и антенной 108 может быть больше или меньше двух.

Средство связи 101 включает радиопередатчик 116 и радиоприемник 118, подключенные к антенне 108. Радиопередатчик 116 и радиоприемник 118 управляются контроллером 120. Радиопередатчик 116 реализован с использованием любого серийно выпускаемого радиопередатчика, пригодного для осуществления беспроводной связи. Радиоприемник 118 реализован с использованием любого серийно выпускаемого радиоприемника, пригодного для осуществления беспроводной связи. Контроллер 120 реализован с использованием микропроцессора, цифрового процессора сигналов (ЦПС), программируемого логического устройства (ПЛУ) или т. п. Радиопередатчик 116 и радиоприемник 118 подключены к антенне 108 для радиопередачи и радиоприема сигналов через антенну.

Средство радиосвязи 102 включает в себя радиопередатчик 122, радиоприемник 124 и контроллер 126. Контроллер 126 может быть реализован с использованием микропроцессора, цифрового процессора сигналов, программируемого логического устройства, вычислительной машины или т. п. Контроллер 126 управляет работой радиопередатчика 122 и радиоприемника 124. Радиопередатчик 122 реализован с использованием любого серийно выпускаемого радиопередатчика, пригодного для осуществления беспроводной связи. Радиоприемник 124 реализован с использованием любого серийно выпускаемого радиоприемника, пригодного для осуществления беспроводной связи.

Выход радиопередатчика 122 подключен к схемам 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи. Каждая схема весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи в свою очередь подключена к соответствующей антенне 106, 110 и 112 через схему 113 антенного переключателя. Схемы весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи взвешивают сигналы на выходе передатчика в соответствии с управляющим сигналом, принятым от контроллера 126. Выходной сигнал передатчика может подаваться на схемы 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи через соответствующие проводники, так что каждая упомянутая схема принимает соответствующий сигнал, или через общий проводник, так что все схемы весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи принимают один и тот же сигнал.

Вход радиоприемника 124 подключен к

выходу схем 150, 152 и 154 весовой обработки сигналов на тракте радиоприема. Каждая из схем весовой обработки на тракте радиоприема принимает соответствующий сигнал от соответствующей антенны 106, 110 и 112, введенный через схему 113 антенного переключателя.

Схема 113 антенного переключателя может быть реализована с использованием любого подходящего дуплексного устройства, переключающей схемы, фильтра или т. п. Схема 113 антенного переключателя соединяет антенны с трактом радиопередачи или радиоприема для обеспечения дуплексного или полудуплексного режима работы.

Схемы 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи более детально изображены на фиг. 2. Схема 131 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи включает в себя схему 230 фазового сдвига и усилитель 236 с регулируемым усилением. Схема 133 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи включает в себя схему 232 фазового сдвига и усилитель 238 с регулируемым усилением. Схема 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи включает в себя схему 234 фазового сдвига и усилитель 240 с регулируемым усилением. Усилитель с регулируемым усилением можно заменить на усилитель с постоянным усилением, если при взвешивании требуется изменять только фазу сигнала. Каждая из схем 230, 232 и 234 фазового сдвига управляется независимо, так что антенны имеют на входе независимые фазовые сигналы. Каждый усилитель управляется независимо контроллером 126. Специалистам известны и другие средства регулировки усиления и фазы сигналов. Например, можно регулировать уровень сигнала в цифровом процессоре сигналов под управлением программных средств и выводить сигнал через усилитель с постоянным усилением.

Каждый усилитель 236, 238 и 240 с регулируемым усилением избирательно подключен через соответствующий переключатель 250, 252 и 254 к соответствующей антенне 106, 110 и 112. Переключатели подключены к контроллеру 126 для радиоприема от него сигнала индикации передачи/приема. В режиме радиопередачи переключатели включены, как показано на фиг. 2. В режиме радиоприема антенны 106, 110 и 112 подключены к схемам 150, 152 и 154 весовой обработки сигналов.

Каждая схема 150, 152 и 154 весовой обработки сигналов принимает управляющий сигнал от контроллера 126 и каждая управляется им отдельно. Сигналы с выхода схем 150, 152 и 154 весовой обработки сигналов подаются на вход приемника 124. Контроллер 126 корректирует весовые коэффициенты W4, W5 и W6 в соответствии с известными алгоритмами. В общем, контроллер 126 корректирует каждый из коэффициентов W4, W5 и W6 на основании выходного сигнала 124, чтобы оптимизировать качество сигнала радиоприема. Тракт радиоприема сигнала обычно оптимизируется путем обеспечения максимальной принятой величины или мощности, или путем обеспечения максимальной оценки отношения полезного

сигнала к шуму плюс помехам.

Контроллер 126 вырабатывает фазовые сигналы для схем 230, 232 и 234 фазового сдвига и задает коэффициент усиления усилителей 236, 238 и 240 с регулируемым усилением в соответствии с заранее определенными значениями, хранящимися в памяти 160. Приведенные таблицы 1 и 2 или "кодовый словарь" содержат весовые коэффициенты для трактов радиопередачи, включающих три антенны 106, 110 и 112. В них приведены коэффициент усиления и фаза вместе с эквивалентным комплексным представлением. В этих примерах

$a = 1/\sqrt{6}$, $a_y = 1/\sqrt{3}$. При 16 векторах память

160 хранит соответствующие значения для трех антенн, при этом индекс или номер вектора находится в левом столбце, а весовые коэффициенты W1, W2 и W3 для трех схем 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов - в других столбцах.

В таблице 1 представлены только фазовые сдвиги. Это значит, что фаза передаваемого сигнала будет корректироваться, а коэффициент усиления усилителей 236, 238 и 240 с регулируемым усилением не будет. Для реализации цифровой коррекции фазы комплексный цифровой групповой сигнал умножается на приведенные выше комплексные числа. Поскольку количество имеющихся векторов равно 2^4 , требуется четыре разряда, чтобы присвоить вектору индекс. Можно использовать таблицы значений, имеющие больший объем. В приведенной таблице 2 содержится 31 весовая комбинация.

В этой таблице $\beta = 1/\sqrt{2}$ и корректируются как коэффициент усиления, так и фаза, причем тракт радиопередачи на некоторые антенны иногда полностью блокируется, если значения коэффициента усиления равны 0. Для обозначения индекса вектора требуется 5 разрядов (2^5 разных векторов). Таблицы представлены исключительно для примера и не могут истолковываться в ограничительном смысле. Можно предусмотреть таблицы другого объема или другие таблицы с таким же количеством элементов.

Каждое значение коэффициента усиления и фазы обеспечивает разную диаграмму направленности антенны. Изменяя коэффициенты усиления усилителя с регулируемым усилением и фазы, можно изменять диаграмму направленности антенны. За счет изменения диаграммы направленности антенны антенная решетка сможет улучшить рабочие характеристики удаленных средств связи, территориально разнесенных по зоне обслуживания базовой станции, или улучшить расположение удаленного средства связи для осуществления связи с базовой станцией.

Для лучшего понимания принципа изобретения поясним сущность работы, которая заключается в следующем.

Контроллер 126 задает весовые коэффициенты W1, W2 и W3 для тракта радиопередачи на основании заранее установленных значений после первоначального установления связи со средством связи 101, как показано в блоке 300 (фиг. 3). Первоначальными весовыми

коэффициентами могут быть, например, последние весовые коэффициенты W1, W2 и W3 из предыдущей связи, или также могут быть весовые коэффициенты, соответствующие диаграмме направленности с самой широкой зоной обслуживания, или же в качестве исходных весовых коэффициентов W1, W2 и W3 для тракта радиопередачи могут быть использованы весовые коэффициенты W4, W5 и W6, вычисленные для тракта радиоприема. Весовые коэффициенты антенны могут задавать коэффициенты усиления для усилителей 236, 238 и 240 с регулируемым усилением и фазы для схем 230, 232 и 234 фазового сдвига, или только фазы для схем фазового сдвига.

Во время связи передатчик 122 передает информационные пакеты на средство связи 101, как показано в блоке 302. Другое средство связи 101 принимает сигналы, переданные с передатчика 122, и передает в обратном направлении сигнал подтверждения приема (ACK) или сигнал не подтверждения приема (NACK), в зависимости от того, был ли точно принят сигнал, как это известно в данной области. Как правило, с каждым информационным пакетом передается контрольная сумма или данные контроля циклическим избыточным кодом (CRC). Если из реально принятого информационного пакета не получаются данные CRC или контрольная сумма, на приемник 124 передается сигнал NACK.

Если контроллер 126 принимает сигнал подтверждения приема, как показано в блоке 304, передается следующий информационный пакет. В случае приема от средства связи 101 сигнала ошибки, такого как NACK, как показано в блоке 306, контроллер 126 выбирает новые весовые коэффициенты W1, W2 и W3 для антенны в блоке 308. При этом весовые коэффициенты W1, W2 и W3 изменяются настолько, что изменяется диаграмма направленности антенны. Новые весовые коэффициенты могут быть коэффициентами, связанными со следующим номером вектора в кодовом словаре, хранящемся в памяти 160, например, представленном таблицами 1 или 2.

В блоке принятия решения 310 контроллер 126 определяет, не был ли в последнее время принят от другого средства связи 101 сигнал ошибки в ответ на следующую диаграмму направленности антенны (например, если при последнем использовании этих новых весовых коэффициентов с другого средства связи был принят NACK). В контроллере 126 может быть задан некоторый период времени, и контроллер 126 не позволит выбирать весовые коэффициенты, если в течение этого заданного периода времени на них был принят сигнал ошибки. Таким образом исключается быстрый циклический перебор диаграмм направленности контроллером 126, если ни один из весовых коэффициентов не обеспечивает связь без ошибок.

Если принято сообщение об ошибке, контроллер 126 в блоке 312 дает команду передатчику 122 повторить передачу информации. Затем контроллер 126 возвращается к блоку 304 для ожидания сигнала подтверждения приема или сигнала ошибки от другого средства связи.

При этом следует понимать, что блоки принятия решения 304 и 306 могут быть реализованы посредством прерывания в ответ на сигнал ошибки, как это имеет место в обычных технологиях радиопередачи. Таким образом, средство связи 102 может выполнять постоянный процесс буферизации пакетов с кодированием и перемежением между ними, а также модуляцию и передачу. Приняв сигнал ошибки, такой как NACK, контроллер 126 быстро прерывает передачу для изменения весовых коэффициентов $W1$, $W2$ и $W3$, после чего процесс передачи возобновляется.

Следует также понимать, что весовые коэффициенты $W4$, $W5$ и $W6$ будут корректироваться контроллером 126 на основании сигналов на выходе приемника 124 в соответствии с известными способами взвешивания.

Настоящее изобретение обеспечивает особые преимущества для тех систем радиосвязи, в которых тракты радиопередачи и радиоприема имеют разные частоты, в частности, для системы связи стандарта GSM. При таких условиях взвешивание на тракте радиоприема в схемах 150, 152 и 154 весовой обработки сигналов необязательно обеспечивает оптимальные весовые коэффициенты для взвешивания в схемах 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи. Это объясняется задержками распространения, помехами или другими явлениями, чувствительными к частоте.

Другим важным аспектом является скорость, с которой средства связи 101 и 102 перемещаются относительно друг друга. Если средство связи 101 перемещается быстро, а средство связи 102 неподвижно, тракты P1-P6 распространения сигналов будут быстро изменяться. В некоторые периоды взаимное перемещение между средствами связи 101 и 102 может отсутствовать. Это характерно при осуществлении связи с пешеходом, при которой абонент сотового телефона может стоять или идти во время телефонного разговора. В таких ситуациях тракты P1-P6 будут изменяться с малой скоростью или не изменяться вообще.

Целесообразно, чтобы одно или оба средства связи 101 и 102 определяли скорость, с которой они перемещаются относительно друг друга. Например, можно использовать доплеровские измерения для определения скорости изменения. Контроллер 126 использует информацию о скорости изменения для определения, изменять ли установки фазы и амплитуды. В частности, изобретение обеспечивает особые преимущества, когда средства связи 101 и 102 медленно перемещаются или совсем не перемещаются относительно друг друга, так как в этих ситуациях задержка приема NACK оказывает минимальное воздействие на работу. В таких ситуациях выбор диаграммы направленности антенны может существенно влиять на работу телефона во время разговора. Это объясняется тем фактом, что диаграмма направленности антенны, обеспечивающая оптимальные условия для данного абонента, не изменяется. Кроме того, плохая диаграмма направленности вероятно будут оставаться нежелательной в течение всего разговора.

В ситуации, когда средство связи 101 является транспортным средством, движущимся с большой скоростью, весовые коэффициенты, обеспечивающие оптимальную диаграмму направленности для средства связи 101, могут быстро изменяться. Поэтому изменение диаграммы направленности антенны каждый раз, когда принят ошибочный сигнал может не приводить к существенному улучшению работы системы связи 100. Кроме того, весовые коэффициенты, которые не являются эффективными в один момент времени, могут стать оптимальными через несколько секунд, что приведет к быстрому переключению весовых коэффициентов $W1$, $W2$ и $W3$. Естественно, что влияние скорости зависит от конструктивных особенностей системы, в частности, от задержки между передачей пакета и приемом NACK.

Запоминающее устройство 160, в котором хранятся значения коэффициентов усиления и фаз, может сохранять таблицу диаграмм направленности антенны, использованных в самое последнее время. При этом предпочтительно не использовать в течение заданного интервала времени те диаграммы направленности, которые дали ошибочную индикацию. Заданный интервал времени предпочтительно корректируется в зависимости от скорости перемещения средств связи 101 и 102 относительно друг друга. Следовательно, если средства связи 101 и 102 не перемещаются относительно друг друга, упомянутый выше интервал времени может быть равен всему времени соединения средств связи 101 и 102. И наоборот, если средства связи 101 и 102 быстро перемещаются относительно друг друга, этот период времени может быть очень коротким или равен нулю. В любом случае заданный интервал времени должен быть больше, чем время корреляции канала, чтобы предотвратить повторный выбор весового коэффициента, который ранее привел к ошибке и который может вновь ухудшить работу, если канал не претерпел значительных изменений.

Преимущество описанного выше варианта состоит в том, что средство связи 101 изменяет весовые коэффициенты без помощи других средств связи. Следовательно, можно реализовать схему корректировки весовых коэффициентов в существующих системах без необходимости модернизации существующих аппаратных средств.

Согласно другому варианту осуществления изобретения средство связи 102 передает сигнал для определения весовых коэффициентов для схем 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи, при этом данное определение производится на средстве связи 101. В дальнейшем этот вариант будет описан со ссылками на фиг.4 и 5. Контроллер 126 дает команду передатчику 122 генерировать опорный сигнал, подаваемый на антенну 106, как показано в блоке 400. Этот опорный сигнал может быть тональным или другим пригодным сигналом.

Опорный сигнал поступает на антенну 106 за счет установки на нуль коэффициента усиления усилителей 238 и 240 с регулируемым усилением и установкой коэффициента усиления усилителя 236 с

регулируемым усилением на ненулевой коэффициент. Контроллер 126 дает команду передатчику 122 подать тональный сигнал на антенну 110, как показано в блоке 402. Чтобы тональный сигнал поступил только на антенну 110, ненулевой коэффициент усиления должен быть только на усилителе 238 с регулируемым усилением. Контроллер 126 дает команду передатчику 122 подать тональный сигнал на антенну 112, как показано в блоке 404. Чтобы тональный сигнал поступил только на антенну 112, ненулевой коэффициент усиления должен быть только на усилителе 240 с регулируемым усилением.

Таким образом, заданный тональный сигнал поступает на вход каждой антенны в разное время. Альтернативно, можно одновременно подавать на вход каждой антенны 106, 110 и 112 сигналы разной частоты или сигналы, имеющие разные коды. Но в любом из указанных трех случаев сигнал, подаваемый на каждую антенну, должен быть различим для средства связи 101.

При этом подразумевается, что передатчик 122 можно подсоединить к схемам 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов в тракте передачи через соответствующие проводники шины, проходящей от передатчика 122 к указанным схемам. Это позволяет отдельно подавать разные сигналы, выработанные передатчиком 122 для каждой антенны, на схемы весовой обработки сигналов в тракте радиопередачи.

Контроллер 126 ожидает приема весовых сигналов на приемнике 124, как показано в блоке принятия решения 408. Альтернативно, контроллер 126 может прерывать стандартную операцию передачи при поступлении весовых сигналов. В любом случае, когда новые весовые коэффициенты поступают от средства связи 101, контроллер 126 изменяет весовые коэффициенты схем 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на значения, принятые от средства связи 101, как показано в блоке 410. Если от средства связи 101 принят индекс, контроллер 126 выбирает весовые коэффициенты, связанные с этим индексом, из кодового словаря в памяти 160 и соответственно регулирует схемы 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов.

В дальнейшем будет описана работа средства связи 101 со ссылкой на фиг. 5. Контроллер 120 принимает опорные сигналы, переданные через каждую антенну 106, 110 и 112, как показано в блоках 500, 502 и 504. Хотя сигналы, связанные с соответствующими антеннами 106, 110 и 112, разделены во времени, как было описано выше со ссылкой на фиг. 4, они могут альтернативно идентифицироваться своей частотой, если имеют разную частоту, или своими кодами, если имеют разные коды. Следовательно, контроллер 120 идентифицирует опорный сигнал, переданный каждой антенной.

Контроллер 120 вычисляет оптимальные весовые коэффициенты для схем 131, 133 и 135 весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи, исходя из уровней принятых сигналов для каждой антенны 108, 110 и 122, как показано в блоке 506. Вектор оптимального весового коэффициента можно вычислить из усиления и фазы принятого

сигнала. В качестве весового коэффициента для каждой антенны можно использовать сопряженное комплексное число комплексного представления оценочного усиления и фазы для каждой антенны. Контроллер 120 получает оценочные усиление и фазу для каждой антенны путем корреляции принятого опорного сигнала с локальной копией заданного опорного сигнала, хранящейся в контроллере 120. Результат корреляции между этими сигналами показывает оценочные усиление и фазу для тракта радиопередачи от каждой антенны 106, 110 и 112.

Альтернативно, можно использовать кодовый словарь для выбора вектора предпочтительного весового коэффициента из списка кандидатов. Это можно сделать посредством выбора из кодового словаря вектора, ближайшего к оптимальному весовому коэффициенту, вычисленному из сопряженного комплексного числа оценочных усиления и фазы. Альтернативно, вектор предпочтительного весового коэффициента выбирается с целью получения максимальной мощности сигнала приема на приемном средстве связи.

Можно вычислять из кодового словаря весовые коэффициенты, дающие максимальную мощность. Как уже отмечалось выше, усиление и фаза опорного сигнала, посланного с каждой антенны, оценивается в приемнике посредством корреляции с известной локальной копией первоначально переданного опорного сигнала. При этом вектор весового коэффициента выбирается следующим образом:

$$t = \left| \underline{w}_c^T \underline{c} \right|$$

индекс = 0

сделать $k = 1$ при $K-1$

если $\left| \underline{w}_k^T \underline{c} \right| > t$, тогда

индекс = k

$$t = \left| \underline{w}_k^T \underline{c} \right|$$

закончить операцию "если"

закончить вычисление,

где оценочные усиление и фаза сигнала, принятого с i -й антенны (антенна 1, антенна 2 и антенна 3) представлены в комплексном представлении как C_i , а набор для всех антенн вектором \underline{c} ; и k -й вектор весового коэффициента в заданном перечне

равен \underline{w}_k , при условии, что в перечне,

хранящемся в памяти 120 средства связи 101, и в контроллере 120 средства связи 101 имеется K векторов. $[\ast]$ представляет величину комплексного числа \ast , а \ast^T - транспозицию вектора или матрицы \ast в случае перестановки строк и столбцов.

Согласно этой методике перемножаются весовые коэффициенты \underline{w}_k каждого вектора

в кодовом словаре индексов с оценкой весового коэффициента и усиления для каждой антенны c_i и произведение складывается для получения временного измерения t амплитуды для конкретных весовых коэффициентов. Это является оценкой амплитуды сигнала, который был бы принят, если бы на передатчике были

применены данные весовые коэффициенты. Индекс, связанный с наибольшим t (максимальной оценочной амплитудой на приемнике), выбирается как оптимальный весовой коэффициент для тракта радиопередачи средства связи 102. Затем индексы, связанные с оптимальными весовыми коэффициентами, посылаются в обратном направлении на средство связи 102, как показано в блоке 508.

С помощью моделирования было установлено, что решение с использованием кодового словаря требует меньших непроизводительных затрат пропускной способности на нисходящей линии связи, чем квантование сопряженных комплексных принятых усиления и фазы, если используются соответствующие нормирование и распределение возможных векторов. Кроме того, элементы кодового словаря можно выбирать с учетом обеспечения следующих преимуществ. При выборе весовых коэффициентов таким образом, чтобы сигналы излучались более, чем с одной антенны, тракт радиопередачи одной антенны не должен пропускать всю мощность. За счет этого ограничиваются требования к пиковой мощности отдельных усилителей передающих схем на каждом тракте, обеспечивая выигрыш в стоимости и габаритах по сравнению с системой, выполненной с возможностью пропускать всю мощность через один из трактов радиопередачи.

Кроме того, таблица преобразования или кодовый словарь может использоваться для облегчения кодирования с защитой от ошибок, в частности, контрольных сумм или данных контроля циклическим избыточным кодом. Кодирование с защитой от ошибок может сохраняться с индексной информацией и передаваться, не требуя вычисления кодирования с защитой от ошибок. Это упрощает кодирование с защитой от ошибок в передатчике.

Другое преимущество использования таблицы преобразования заключается в том, что возможные векторы весовых коэффициентов, оцененные во время каждого кадра, могут быть ближайшими к вектору весового коэффициента для самого последнего кадра. Это упрощает поиск в рабочей среде переходов, в которой небольшая скорость движения обуславливает медленное изменение вектора оптимального весового коэффициента и поэтому предыдущие весовые коэффициенты могут оставаться вполне приемлемыми. Но контроллер может также анализировать все весовые коэффициенты в кодовом словаре в том случае, если весовые коэффициенты, ближайшие к ранее выбранным весовым коэффициентам, неудовлетворительны.

При использовании кодового словаря средства связи 101 и 102 должны иметь одинаковые значения. Этого можно достичь за счет выгрузки кодового словаря из одного средства связи в другое. Альтернативно, можно предусмотреть другой способ, чтобы проверить, что значения номеров векторов одинаковы в обоих средствах связи.

Из фиг. 6 видно, что средство связи 102 передает на средство связи 101 информационный пакет и опорные сигналы. Опорные сигналы посылаются отдельно один

за другим с каждой антенны. Между временем, когда информация обрабатывается в средстве связи 101 для вычисления коэффициентов, и временем, когда определенный в средстве связи 101 вектор весового коэффициента используется в средстве связи 102, существует задержка. Затем средство связи 102 передает информационный пакет, используя весовые коэффициенты, принятые от средства связи 101.

Каждый раз при передаче информационного пакета с антенн 106, 110 и 112 передаются опорные сигналы и в средстве связи 101 вычисляются новые весовые коэффициенты для следующего пакета. Чтобы минимизировать эффекты задержки в системе обратной связи, опорные сигналы можно передавать не соприкасающимися с информационными пакетами, чтобы они были ближе к информационному пакету, посланному средством связи 102 с использованием коэффициентов. Альтернативно, опорные сигналы можно поместить в информационном пакете. Применение любой из методик минимизации или исключения задержки помогает избежать проблем со связью, вызванных изменениями в канале, имевшими место после передачи опорных сигналов.

При этом также подразумевается, что контроллер 120 может интерполировать весовые коэффициенты из весовых коэффициентов, сформированных из опорных сигналов, переданных с двумя пакетами информации. За счет формирования коэффициентов из двух последовательных, удаленных друг от друга опорных сигналов можно учесть изменения характеристик трактов радиопередачи при определении оптимальной диаграммы направленности для сигнала.

В режиме передачи в цифровой сотовой системе телефонной связи 700 (фиг. 7) задействованы первое средство связи 702 и второе средство связи 704. Средство связи 702 содержит антенную решетку 706, а средство связи 704 содержит антенную решетку 708. Антенные решетки взаимосвязаны несколькими трактами сигналов, обозначенными буквой Р. Средства связи 702 и 704 могут быть реализованы в виде радиостанций двусторонней связи, радиотелефона и базовой станции или т.п.

Средство связи 702 включает в себя контроллер 714, который выдает речевые сигналы и информационные сигналы, а также сигналы управления для выбора весовых коэффициентов $W1$, $W2$ и $W3$ на тракте радиопередачи. Речевые и информационные сигналы поступают на вход схемы 716 кодирования и модуляции. Сигналы управления весовыми коэффициентами поступают на вход схемы 718 усиления и фазового сдвига, которая передает сигналы управления амплитудой и фазой от контроллера 714 на усилители 720-722 с регулируемым усилением и схемы 724-726 фазового сдвига. Сигналы радиопередачи поступают на вход схем 724-726 фазового сдвига через схему 723 кадирования и формирования опорных сигналов.

Схема 723 кадирования и формирования опорных сигналов кадрирует данные и речь для передачи и подает опорные сигналы на

схемы 724-726 фазового сдвига, по одному для каждой антенны 728-730. При этом схема 723 кадрирования и формирования опорных сигналов формирует соответствующие групповые сигналы, по одному для каждой антенны, и соответствующий фазовый сдвиг выполняется на каждой из схем 724-726 фазового сдвига.

Схемы 724-726 фазового сдвига снабжены цифровым умножителем, так что комплексные значения из кодового словаря могут умножаться на выходе схемы кадрирования и формирования опорных сигналов, чтобы обеспечить фазовый сдвиг. Сигналы со сдвигом по фазе преобразуются в аналоговые сигналы в схеме 732 цифроаналогового преобразователя. Частоту аналоговых сигналов повышают в повышающем преобразователе 734-736, и сигналы с повышенной частотой усиливаются в усилителях 720-722 с регулируемым усилением. Коэффициент усиления усилителей 720-722 с регулируемым усилением выбирается в соответствии с весовыми коэффициентами для каждой антенны. Таким образом, схема весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи содержит схемы 724-726 фазового сдвига и усилители 720-722 с регулируемым усилением. Несмотря на то, что в данном примере показано три схемы фазового сдвига, на практике необходимо реализовать только две схемы, так как абсолютная фаза не имеет значения, а требуются только относительные фазы трех схем весовой обработки сигналов на тракте радиопередачи.

Тракт радиоприема в средстве связи 702 включает в себя понижающие преобразователи 740-742 для понижения частоты сигналов, принятых соответственно с антенн 728-730. Сигналы с пониженной частотой поступают на вход схемы 744 аналогово-цифрового преобразователя 744, которая выдает на выходе соответствующие цифровые сигналы каждого из выходных сигналов понижающих преобразователей. В процессоре 750 приемника эти цифровые сигналы демодулируются.

Средство связи 704 включает контроллер 752, который выдает речевые и информационные сигналы, а также сигналы управления для выбора коэффициентов W_1 , W_2 и W_3 на тракте радиопередачи. Речевые и информационные сигналы поступают на вход схемы 754 кодирования и модуляции. Сигналы управления весовыми коэффициентами поступают на вход схемы 756 усиления и фазового сдвига, которая подает сигналы управления амплитудой и фазой от контроллера 752 на усилители 758-760 с регулируемым усилением и схемы 762-764 фазового сдвига. Сигналы радиопередачи поступают на вход схем 762-764 фазового сдвига через схему 766 кадрирования и формирования опорных сигналов. Схема 766 кадрирования и формирования опорных сигналов кадрирует данные и речь для радиопередачи и подает опорные сигналы на схемы 762-764 фазового сдвига, по одному для каждой антенны 768-770. Формируются соответствующие групповые сигналы по одному для каждой антенны, и соответствующий фазовый сдвиг применяется на каждой из схем 762-764 фазового сдвига. Сигналы со сдвигом по фазе

преобразуются в аналоговые сигналы в схеме 772 цифроаналогового преобразователя. Частоту аналоговых сигналов повышают в повышающих преобразователях 774-776, и сигналы с повышенной частотой усиливаются в усилителях 758-760 с регулируемым усилением. Коэффициент усиления усилителей с регулируемым усилением выбирается в соответствии с весовыми коэффициентами для каждой антенны.

Тракт радиоприема средства связи 704 включает понижающие преобразователи 780-782 для понижения частоты сигналов, принятых соответственно с антенн 768-770. Сигналы с пониженной частотой поступают на вход схемы 784 аналогово-цифрового преобразователя, которая выдает на выходе соответствующие цифровые сигналы для каждого из выходных сигналов понижающих преобразователей. В процессоре 790 приемника эти цифровые сигналы демодулируются.

Как показано на чертежах, средства связи 702 и 704 идентичны в том, что тракт радиопередачи может быть реализован от средства связи 702 к средству связи 704 или наоборот. Но средства связи 702 и 704 могут быть выполнены разными, например, средство связи 702 может быть базовой станцией, а средство связи 704 - радиотелефоном. При этом следует понимать, что на базовой станции тракт радиопередачи будет также включать в себя мультиплексор для объединения сигналов для множества одновременных абонентов. Тракт радиоприема базовой станции будет также включать в себя демультиплексор для разделения сигналов от разных одновременных абонентов.

В дальнейшем будет описано вычисление оптимальных весовых коэффициентов для тракта радиопередачи при передаче от средства связи 702 на средство связи 704, хотя это описание в равной степени применимо для передачи от средства связи 704 на средство связи 702. Несмотря на то, что средства связи 702 и 704 имеют три антенны, это описание в равной мере относится к системе, имеющей другое количество антенн, и, следовательно, относится в общем к системе, имеющей число 1 антенн на тракте радиопередачи передающего средства связи и число антенн на тракте радиоприема приемного средства связи. При осуществлении связи от средства связи 702 на средство связи 704 $I = 3$ и $N = 3$.

Оценочные усиление и фаза сигнала, принятого на n -й антенне приемника от i -й антенны передатчика, представлены (в комплексном представлении) в виде $c_{i,n}$, а набор для всех комбинаций - матрицей C (содержащей N строк и I столбцов). При этом оценочные усиление и фаза на антеннах 768-780, которые будут получены при векторе \underline{w} весового коэффициента, составят \underline{cw} .

Этот вектор весового коэффициента выбирается из кодового словаря следующим образом:

$$\underline{v} = \underline{C} \underline{w}_0$$

$$\underline{t} = \underline{v}^H \underline{v}$$

индекс = 0

сделать $k = 1$ в K-1

$$\underline{v} = \underline{C} \underline{M}_k$$

$$p = \underline{v}^H \underline{v}$$

если $p > t$ тогда

индекс = k

$t = p$

закончить операцию "если"

закончить вычисление.

Контроллер 752 средства связи 704 использует эту методику для вычисления векторов \underline{v} посредством умножения матрицы

C на вектор \underline{w}_0 весового коэффициента,

который является первым вектором весового коэффициента в кодовом словаре. Исходное значение t вычисляется из

вектора \underline{v} , полученного из \underline{w}_0 . значение t

представляет оценку амплитуды сигнала, который был бы получен на приемнике при векторе \underline{w}_0 весового коэффициента на

передатчике и при объединении сигналов на приемнике по максимальному отношению. Объединение по максимальному отношению является хорошо известным способом объединения сигналов от множества антенн. Векторы \underline{v} получают из C и каждого вектора

\underline{w}_k весовых коэффициентов. Оценочная величина p для каждого весового коэффициента из кодового словаря вычисляется путем умножения \underline{v} на эрмитову

трансформанту \underline{v} для данного вектора

весового коэффициента. Индекс k , связанный с наибольшим значением p , измеренным таким образом в контроллере 752, посылается обратно на передающее средство связи 702. Контроллер 714 задает усилителям 720-722 с регулируемым усилением и схемам 724-726 фазового сдвига весовые коэффициенты, соответствующие переданному номеру индекса.

Таким образом, контроллер 752 оценивает рабочие характеристики на выходе процессора 790 приемника. Выходной сигнал процессора 790 приемника извлекается из совокупного выходного сигнала антенн 768-770 антенной решетки 708. Эта оценка также базируется на весовых коэффициентах на тракте радиоприема, определенных контроллером 752.

Как уже отмечалось выше, на приемнике используется объединение по максимальному отношению. Его можно заменить другими способами оптимизации, в частности, оптимальным объединением, если желательно снизить влияние помех. Способ оптимального объединения также известен. Вместо обеспечения максимальной амплитуды или мощности приема отношение на контроллере 752 может обеспечивать максимальное отношение полезного сигнала к помехам плюс шуму.

В дальнейшем будут описаны возможные варианты реализации изобретения, в которых приемное средство связи содержит корректор 820. При этом описание приводится для приемного средства связи, включающего в себя одну антенну, и передающего средства связи, имеющего несколько антенн, как показано на фиг.1 и 2.

В этих вариантах опорный сигнал используется для определения весовых коэффициентов и вычисления устанавливаемых параметров для корректора 820 на тракте радиоприема. Использование передачи опорного сигнала на приемное средство связи для настройки корректора 820 известно. В традиционных системах опорный сигнал выбирается таким образом, чтобы упростить установку коэффициентов.

Но авторы обнаружили, что если передающее средство имеет антенную решетку, а приемное средство имеет корректор,

то передаваемый опорный сигнал можно выбирать с учетом уменьшения затрат на передачу опорных сигналов, сохраняя при этом большие коэффициенты усиления на антенной решетке.

Согласно изобретению необходимо передавать несколько опорных сигналов, по одному для каждой антенны решетки. Если средством связи 101 является базовая станция, а средством связи 102 радиотелефон, то целесообразно использовать сигнал, обеспечивающий минимальные затраты при передаче на выбор весовых коэффициентов на тракте радиопередачи средства связи 102, не заботясь о требованиях к ресурсам в средстве связи 101 являющемся базовой станцией. Средство связи 101, являющееся базовой станцией, имеет достаточные функциональные возможности для выполнения сложных вычислений при выборе значений для корректора 820, тогда как энергетические затраты в средстве связи 102 целесообразно свести к минимуму, чтобы продлить срок службы батареи.

Если же средство связи 101 является подвижным а средство связи 102 базовой станцией, желательно минимизировать потребности средства связи 101. Потребности радиопередачи не имеют такого критического значения для базовой станции, поскольку она может передавать сигнал, не заботясь о сроке службы батареи. Гораздо важнее расход ресурсов портативного средства связи на вычисление значений для корректора 820 на тракте радиоприема. Следовательно, если средство связи 101 является портативным, желательно, чтобы опорный сигнал позволял упростить вычисление устанавливаемых параметров для корректора. Таким образом, следует понимать что можно использовать разные сигналы в качестве опорного сигнала, в зависимости от того, какое из средств связи, 101 или 102, является портативным в системах связи, в частности в радиотелефонных сетях.

Если средство связи 101 является радиотелефоном, для упрощения вычисления устанавливаемых параметров корректора опорный сигнал является частью модулированных данных например, как в системе стандарта GSM. Такие опорные сигналы показаны на фиг.12, где они достаточно разнесены во времени, чтобы учесть задержку многолучевого распространения. Начало и конец опорных сигналов характеризуется периодом пилообразного изменения, чтобы исключить мгновенное изменение мощности.

Чтобы минимизировать затраты, опорные сигналы используются для синхронизации,

настройки корректора и выбора векторов весовых коэффициентов. Кроме того, для дополнительного снижения затрат используются опорные сигналы, отличающиеся от сигналов, обычно применяемых в системах TDMA (например, в системах стандартов TATRA и GSM). Для выбора вектора весового коэффициента с помощью настройки корректора применяется решение с использованием кодового словаря.

Схема 800 контроллера, включающая схему 802 настройки корректора, представлена на фиг. 8. Этот контроллер можно использовать в средстве связи 702 или 704, или в том и другом, и он используется в том случае, когда одно или оба средства связи имеют корректор. Схема 800 контроллера включает схему 804 процессора опорных сигналов, которая обрабатывает принятые сигналы для вычисления весового коэффициента для антенн на другом средстве связи, имеющем антенную решетку. Схема 806 выбора вектора весового коэффициента использует указатель весовых коэффициентов, хранящийся в кодовом словаре 808, например, в форме таблицы 1 или таблицы 2. Выбранный вектор весового коэффициента подается на вход схемы 802 настройки корректора и схемы 812 двоичного формата и кодирования. Схема двоичного формата и кодирования выдает информацию для радиопередачи на другое средство связи.

Передающее средство связи посылает информационные и опорные сигналы, как показано на фиг. 6. Опорные сигналы посылаются независимо с каждой антенны. Для минимизации эффектов задержки в системах обратной связи опорные сигналы предпочтительно передают не соприкасающимися с информационными пакетами. Кроме того, если приемное средство связи имеет корректор, и весовые коэффициенты корректора и на тракте радиопередачи для антенной решетки устанавливаются на основании одного и того же опорного сигнала, то сигнал для каждой антенны предпочтительно разделяется во времени вместо того, чтобы различаться по частоте или коду.

Сначала опишем способ, при котором вектор весового коэффициента определяют независимо от установки корректора, а затем из вектора весового коэффициента определяют устанавливаемые параметры для корректора приемника. Этот способ применяется, когда опорные сигналы выбираются с целью минимизации затрат, что может иметь место, если средство связи 101 является базовой станцией. При этом используются значения, предварительно заданные в средстве связи. Матрица X запоминается в средстве связи во время его изготовления, подключения или при использовании в новой системе. Матрицу вычисляют следующим образом:

$$X = (Y_{-1}^H Y_{-1})^{-1} Y_{-1}^H$$

$$\text{где } Y = \begin{bmatrix} r & 0 & \dots & 0 \\ 0 & r & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & r \end{bmatrix}, \text{ и } r - \text{вектор столбца известного}$$

опорного сигнала, а Y_{-1} - эрмитова

трансформанта от Y.

Схема 804 процессора опорных сигналов (фиг. 8) вычисляет и запоминает корреляционную матрицу R для опорных сигналов

$$R = \sum_{i=1}^N s_{-1} s_{-1}^H$$

где s_{-1} - опорный сигнал, принятый от i-й

антенны, а s_{-1}^H - эрмитова трансформанта опорного сигнала, принятого от i-й антенны.

Затем схема 806 выбора вектора весового коэффициента производит вычисления для каждого индекса в кодовом словаре 808, чтобы получить максимальный сигнал мощности, где

$$p = W^H \cdot R \cdot W$$

W - возможный вектор весового

коэффициента, W^H - эрмитова

трансформанта возможного вектора весового коэффициента. Таким образом выбирается индекс весовых коэффициентов, дающих наибольшее значение p. Затем индекс выбранного вектора весового коэффициента передается на телефонный аппарат через схему 812 двоичного формата и кодирования.

После этого вычисляются коэффициенты из выбранного вектора весового коэффициента. Например, в корректоре с оценкой последовательности по максимальному правдоподобию (MLSE) коэффициенты корректора формируются из параметров, полученных в схеме 802 настройки корректора, следующим образом. Сначала вычисляется вектор v_{-1} , который

является оценкой сигнала, который был бы принят, если бы опорный сигнал был послан одновременно со всех антенн с выбранными весовыми коэффициентами,

$$v_{-1} = \sum_{i=1}^N s_{-1} \cdot W_i^*$$

где W_i является i-м элементом выбранного вектора весового коэффициента. Оценка h_{-1} канала, из которой получают

устанавливаемые параметры, вычисляется следующим образом:

$$h_{-1} = (XV_{-1}) \otimes m_{-1}$$

где m_{-1} - модулирующий импульсный

отклик фильтра, (не показанного на чертеже) в передающем средстве связи, а \otimes означает свертку.

Этот вектор h_{-1} используется для

синхронизации символов во времени, после чего устанавливаемые параметры корректора определяются с помощью соответствующего способа, известного специалистам. Процесс упрощается за счет предварительного вычисления как можно большего количества величин.

Устанавливаемые параметры корректора для информационного пакета определяют одновременно с выбором вектора весового коэффициента для данного информационного пакета. В некоторых обстоятельствах на тракте обратной связи может иметь место существенная задержка, которая влияет как на точность выбора вектора весового коэффициента, так и на настройку корректора.

В альтернативном варианте устанавливаемые параметры корректора для одного пакета определяют из опорных сигналов, которые используются для получения векторов весовых коэффициентов для следующего информационного пакета. При этом уменьшается задержка в установлении параметров корректора, и применение данного варианта возможно, если выбор весового коэффициента и устанавливаемых параметров корректора производится независимо.

Опорные сигналы, которые минимизируют затраты, являются частью модулированных данных, обладающих такими свойствами, что показанная выше обратная $(y \cdot H_y)^{-1}$ хорошо обусловлена. Как видно из фиг.12, опорные сигналы будут достаточно разделены во времени, чтобы учесть задержку многолучевого распространения. Начало и конец опорных сигналов характеризуется периодом пилообразного изменения, чтобы исключить мгновенное изменение мощности, так же как в пакетах в современных TDMA системах.

Согласно другому варианту осуществления изобретения вектор весового коэффициента определяют вместе с устанавливаемыми параметрами корректора. Этот способ также применим в тех случаях, когда опорные сигналы выбираются с целью минимизации затрат, что возможно, когда средство связи 101 является базовой станцией. Этот подход целесообразен, если длина корректора не позволяет ему захватить все многолучевое распространение. При таком решении используется архитектура схемы 900 контроллера, показанная на фиг. 9. Схема 900 контроллера может также использоваться с корректором MLSE. Схема 902 выбора вектора весового коэффициента и настройки корректора использует следующие величины:

$$X = (y \cdot H_y)^{-1} y \cdot H$$

$$\text{где } y = \begin{bmatrix} x & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & x & . & 0 & 0 \\ 0 & 0 & . & . & . \\ . & . & . & x & 0 \\ 0 & 0 & . & 0 & x \end{bmatrix}, \text{ и } x - \text{вектор столбца известного}$$

опорного сигнала. Эти значения вычисляются предварительно и запоминаются в контроллере 752, как было вкратце описано выше. Другой известной импульсной последовательностью является \underline{z} , которую

определяют так, что когда \underline{z} фильтруется модулирующим фильтром (не показанный на чертеже фильтр на тракте радиопередачи средства связи 702), имеющим импульсный отклик \underline{m} (например, фильтр с косинусным

повышением), результирующим сигналом будет \underline{r} . Перед тем, как использовать значения из кодового словаря 808, вычисляются и сохраняются следующие величины;

$$\underline{c}_{-i} = (x \underline{s}_{-i}) \otimes \underline{m}$$

$$\underline{R} = \sum_{i=1}^N \underline{s}_{-i} \cdot \underline{s}_{-i}^H,$$

где \underline{s}_{-i} - опорный сигнал, принятый от

i-й антенны.

индекс = 1, мин.ошибка = 1000000,0

\underline{r} - порог равен числу между 0,0 и 1,0, например, 0,7.

где \underline{c}_{-i} - вектор коэффициентов,

представляющих компоненты объединенных откликов фильтра и канала от i-й передающей антенны, \underline{m} - модулирующий импульсный

отклик фильтра на тракте радиопередачи (не показанного на чертежах), а \otimes означает свертку. Исходное значение минимальной ошибки выбирается большим. Значение \underline{r} порога выбирается таким образом, чтобы ограничить количество необходимых вычислений. Следовательно,

рассматриваются только те весовые коэффициенты, которые имеют максимальные измерения мощности. Значение 0,7 соответствует только верхним рассмотренным 30%. Авторы изобретения обнаружили, что ошибки случаются реже всего в случае сигнала высокого уровня, хотя не обязательно в случае сигнала наивысшего уровня. Можно рассмотреть и больший или меньший процент возможных весовых коэффициентов.

Затем производятся вычисления по кодовому словарю для J возможных векторов весовых коэффициентов:

сделать $j = 1$ в J

$$\underline{p} = \underline{H}^H \cdot \underline{R} \cdot \underline{H}, \text{ где } \underline{H} - \text{вектор}$$

возможного весового коэффициента, если $\underline{p} > \underline{r}$ порог вычислить "ошибку" если ошибка < мин_ошибка, тогда мин_ошибка = ошибка

индекс = j

закончить операцию "если"

закончить операцию "если"

закончить выполнение цикла.

Схема 902 настройки корректора сначала измеряет мощность и определяет, превосходит ли эта мощность данный порог. Для превышающих порог измерений мощности вычисляется ошибка с использованием параметров корректора, вычисленных для вектора весового коэффициента. Для корректора MLSE "ошибку" вычисляют при каждой итерации следующим образом:

возможный импульсный отклик

$$\underline{h} = \sum_{i=1}^N \underline{c}_{-i} \cdot \underline{w}_i^*$$

$$\text{"ошибка"} = |\underline{h}' \otimes \underline{z} - \underline{x}| / |\underline{x}|$$

где \underline{x} - вектор с компонентами

$$\underline{x} = \underline{H}^H \underline{s}_{-i}, |\cdot| \text{ представляет норму}$$

вектора. \underline{h}' - возможные устанавливаемые

параметры корректора, которые извлечены из \underline{h} в процессе синхронизации символов по

времени, который уже был описан выше и известен специалистам в данной области, и \underline{W}_i^* сопряженное комплексное число для \underline{W}_i . При этом способе максимальный уровень обеспечивается путем определения значений

\underline{h} и \underline{w} , которые минимизируют ошибки, в

отличие от определения весовых коэффициентов, которые обеспечивают

максимальную мощность принятого сигнала. Понятие "ошибка" является качественной оценкой сигнала на выходе корректора.

Затем индекс выбранного вектора весового коэффициента обрабатывается для передачи на телефонный аппарат схемой 812 двоичного формата и кодирования. Устанавливаемые параметры корректора используются для задания коэффициентов в корректоре 820.

На фиг.10 проиллюстрированы рабочие характеристики системы, изображенной на фиг.8, с четырьмя передающими антеннами в отличие от системы без решетки, работающей в стандарте GSM, которая имеет канал с задержкой распространения на 2 символа и рассчитана на скорости движения пешехода. На графике показан коэффициент битовой ошибки (BER) в зависимости от отношения энергии на бит к плотности мощности шума (E_b/N_0) в децибелах. Кривая 1000 характеризует работу без кодирования для защиты от ошибок и без решетки и дана для сравнения с кривой 1002, характеризующей соответствующую работу без кодирования с использованием решетки. При этом достигается усиление порядка 7 дБ, что позволяет существенно увеличить время разговора или пропускную способность в системе подвижной радиосвязи. Кривая 1001 характеризует работу с кодированием защиты от ошибок без использования решетки и дана для сравнения с кривой 1003, характеризующей работу с кодированием и антенной решеткой. Здесь также достигается усиление порядка 7 дБ. Экономия затрат при использовании как опорных сигналов, так и спецификаторов весовых коэффициентов составляет более 20% по сравнению со схемами с традиционными опорными сигналами и квантованием векторов весовых коэффициентов, в отличие от использования кодового словаря.

На фиг. 11 проиллюстрирована эффективность способа работы контроллера, изображенного на фиг. 9, в сравнении с эффективностью контроллера, изображенного на фиг. 8, для конкретного случая, когда нецелесообразно отдельно оценивать устанавливаемые параметры решетки и корректора. Кривая 1005 характеризует работу без кодирования с защитой от ошибок для способа по фиг. 8 и дана для сравнения с кривой 1006; характеризующей работу без кодирования для способа по фиг. 9. Кривая 1007 характеризует работу с кодированием для защиты от ошибок для способа по фиг. 8 и дана для сравнения с кривой 1008, характеризующей кодируемую работу для способа по фиг. 9. В данном случае схема, изображенная на фиг. 9, обеспечивает выигрыш в характеристиках сигнала.

Таким образом, можно понять, что весовые коэффициенты на трактах радиопередачи для антенной решетки можно корректировать с целью улучшения усиления на тракте радиопередачи. Весовые коэффициенты на тракте радиопередачи можно задавать независимо от приемного средства связи. Альтернативно, приемное средство связи может выбирать весовые коэффициенты на основании опорного сигнала, принятого от передающего средства связи. Для облегчения процесса выбора весовых коэффициентов можно использовать

кодовый словарь. Если приемное средство связи включает в себя корректор, из того же опорного сигнала можно вычислить устанавливаемые параметры корректора и весовые коэффициенты, обеспечив тем самым минимизацию затрат при радиопередаче.

Формула изобретения:

1. Способ функционирования устройства связи для задания по меньшей мере одного весового коэффициента на трактах радиопередачи, связанных с антеннами антенной решетки, заключающийся в том, что передают опорный сигнал через каждую антенну в антенной решетке, задают весовой коэффициент на по меньшей мере одном из трактов радиопередачи, связанных с антеннами, на основании весовой информации, отличающийся тем, что весовую информацию для каждой антенны принимают.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что весовая информация включает в себя фазовую информацию.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что весовая информация включает в себя амплитудную информацию.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что весовая информация включает в себя номер индекса, соответствующий весовым коэффициентам для трактов радиопередачи.

5. Способ взвешивания тракта радиопередачи первого устройства связи, причем тракт радиопередачи проходит между передатчиком и антенной решеткой первого устройства связи и антенная решетка включает в себя несколько антенн, заключающийся в том, что передают опорный сигнал на второе устройство связи через антенны антенной решетки, вычисляют во втором устройстве связи по меньшей мере один весовой коэффициент для тракта радиопередачи, отличающийся тем, что передают весовую информацию в соответствии с упомянутым по меньшей мере одним вычисленным весовым коэффициентом от второго устройства связи на первое устройство связи, и задают по меньшей мере один весовой коэффициент в первом устройстве связи в соответствии с весовой информацией, принятой от второго устройства связи.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что на этапе вычисления вычисляют во втором устройстве связи сопряженное комплексное число изменения амплитуды и фазы во время передачи опорного сигнала на второе устройство связи.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что на этапе вычисления выбирают по меньшей мере один весовой коэффициент из группы заданных весовых коэффициентов, причем выбранный по меньшей мере один весовой коэффициент является весовым коэффициентом из группы заданных весовых коэффициентов, наиболее близким к сопряженному комплексному числу.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что на этапе передачи передают индекс, соответствующий по меньшей мере одному весовому коэффициенту.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что на этапе вычисления получают оценки измерения сигнала для весовых коэффициентов группы заданных весовых коэффициентов и выбирают по меньшей мере

один весовой коэффициент из оценок измерений сигнала.

10. Способ по п.5, отличающийся тем, что опорный сигнал посылают отдельно через каждую антенну.

11. Способ по п.5, отличающийся тем, что опорные сигналы посылают через каждую антенну антенной решетки и различают опорные сигналы для каждой антенны.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что опорные сигналы для каждой антенны различают по частоте.

13. Способ по п.11, отличающийся тем, что опорные сигналы для каждой антенны различают по времени, при этом опорные сигналы подают на вход соответствующей антенны в разное время.

14. Способ по п.5, отличающийся тем, что группу заданных весовых коэффициентов передают с первого устройства связи на второе устройство связи.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что определяют предыдущие весовые коэффициенты и на этапе вычисления выбирают из подгруппы весовых коэффициентов в группе заданных весовых коэффициентов подгруппу весовых коэффициентов, определенных из весовых коэффициентов при предыдущем взвешивании.

16. Способ по п. 14, отличающийся тем, что индексы в заданном списке включают запомненную кодировку с защитой от ошибок и на этапе передачи передают индекс, закодированный с защитой от ошибок.

17. Устройство связи, содержащее приемник, принимающий опорный сигнал, переданный через каждую из нескольких антенн в передающем устройстве связи, отличающееся тем, что в него введены схема для вычисления по меньшей мере одного весового коэффициента для тракта радиопередачи передающего устройства связи из опорного сигнала, принятого с каждой антенны, и передатчик для передачи

указанного по меньшей мере одного весового коэффициента на передающее устройство связи.

18. Устройство связи по п.17, отличающееся тем, что приемник содержит память, в которой хранится кодовый словарь, содержащий весовые коэффициенты для тракта радиопередачи передающего устройства связи.

19. Устройство связи по п.18, отличающееся тем, что весовые коэффициенты кодового словаря связаны с индексами кодового словаря, а индексы кодового словаря включают кодировку с исправлением ошибок.

20. Устройство связи по п.18, отличающееся тем, что в памяти хранятся весовые коэффициенты предыдущего выбора и схемы для вычисления используют кодовый словарь и предыдущие весовые коэффициенты для вычисления по меньшей мере одного весового коэффициента.

21. Устройство связи по п.18 или 19, отличающееся тем, что весовые коэффициенты выбирают с учетом ограничения максимальной мощности на тракте радиопередачи.

22. Устройство связи по п. 19, отличающееся тем, что кодовый словарь проверен на соответствие кодовому словарю в передающем устройстве связи.

23. Устройство связи по п. 22, отличающееся тем, что кодовые словари проверяют посредством передачи кодового словаря из одного устройства связи и передающего устройства связи на другое передающее устройство связи и устройство связи.

24. Устройство связи по п.17, отличающееся тем, что схемы для вычисления вычисляют значение весового коэффициента и фазы из принятого опорного сигнала и из копии опорного сигнала в устройстве связи.

40

45

50

55

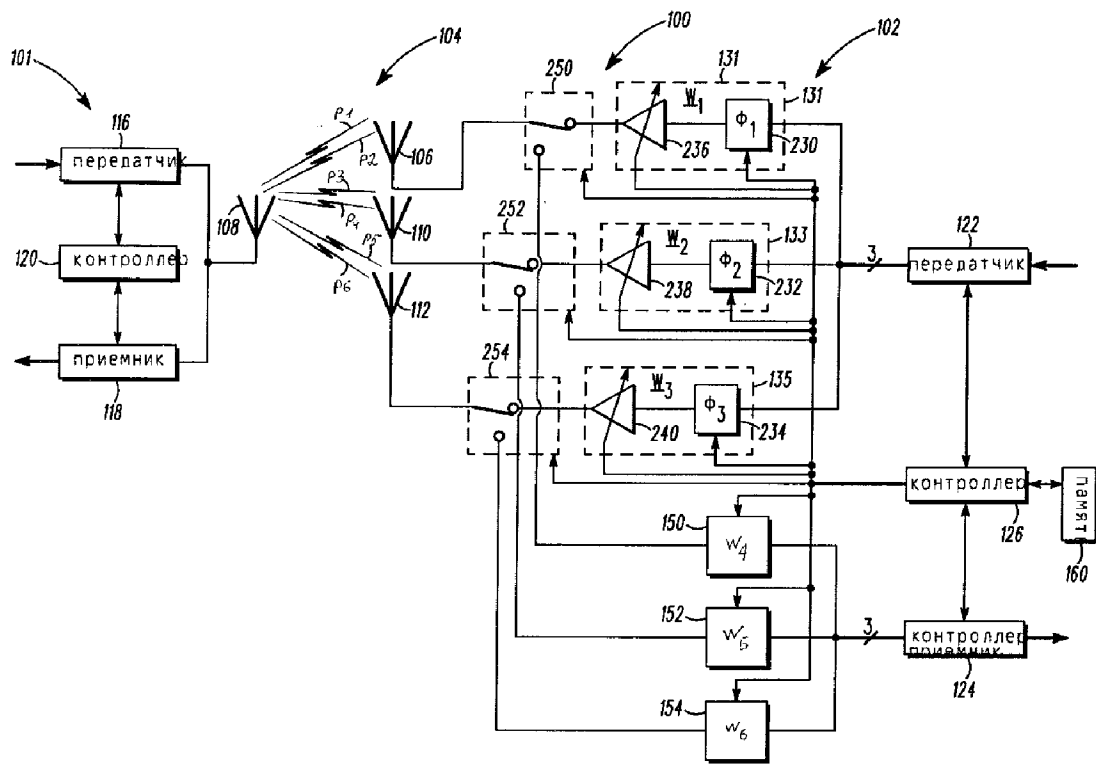
60

RU 2141168 C1

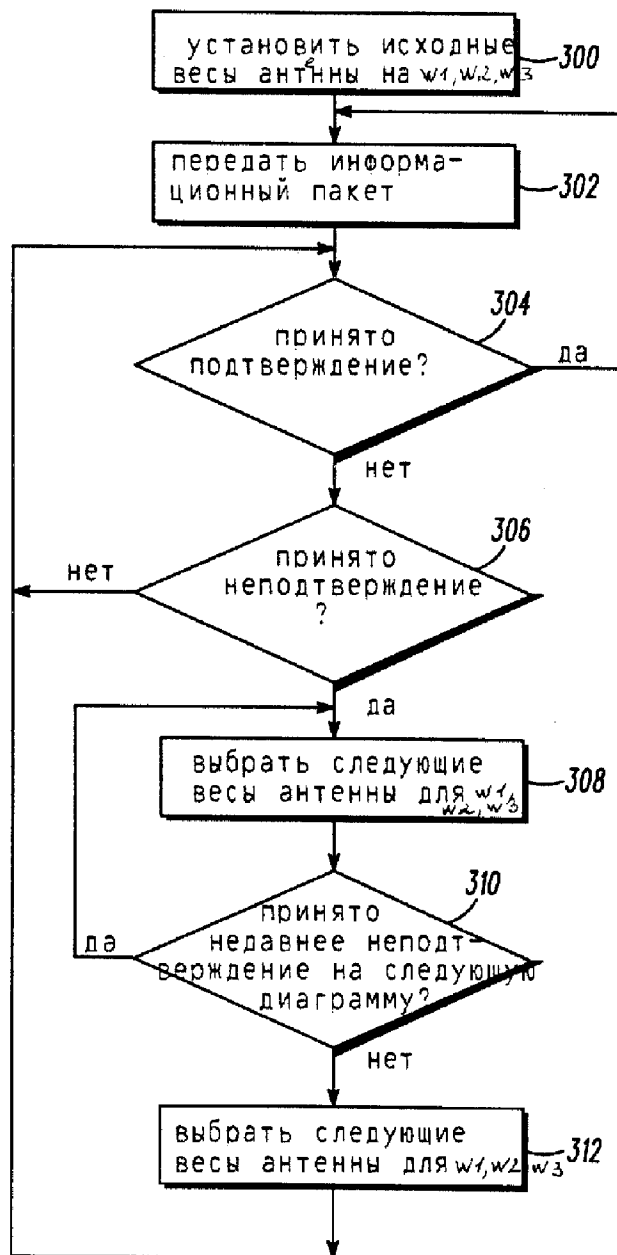
RU ? 1 4 1 1 6 8 C1

RU ? 1 4 1 1 6 8 C1

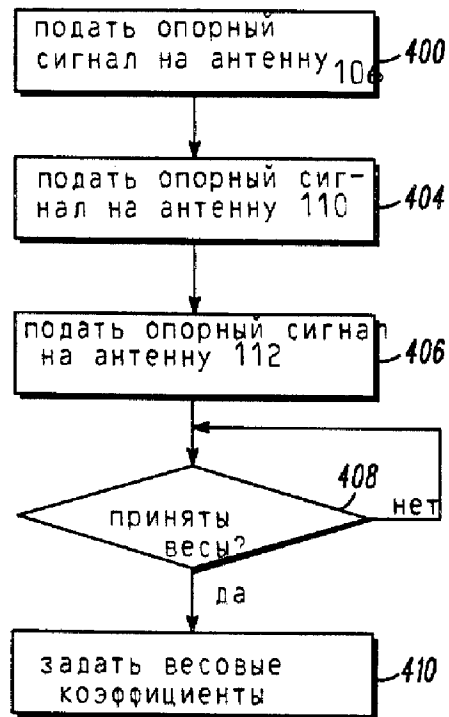
RU ? 1 4 1 1 6 8 C1



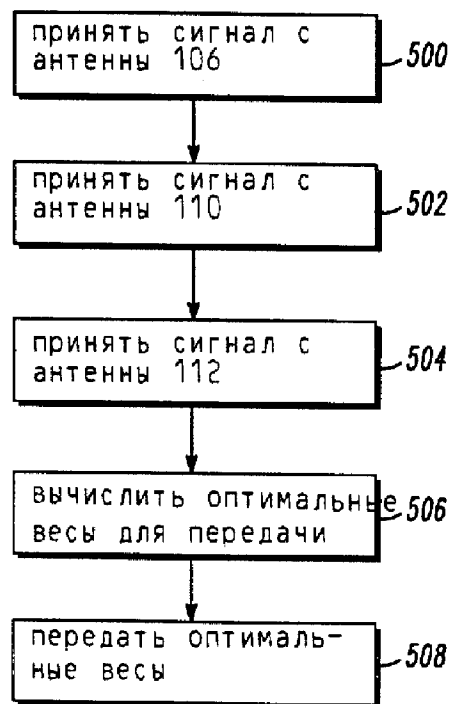
фиг. 2



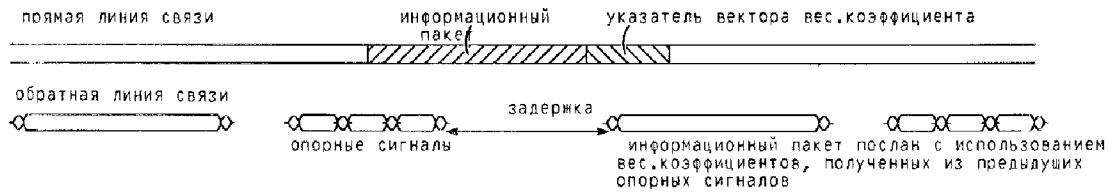
Фиг.3



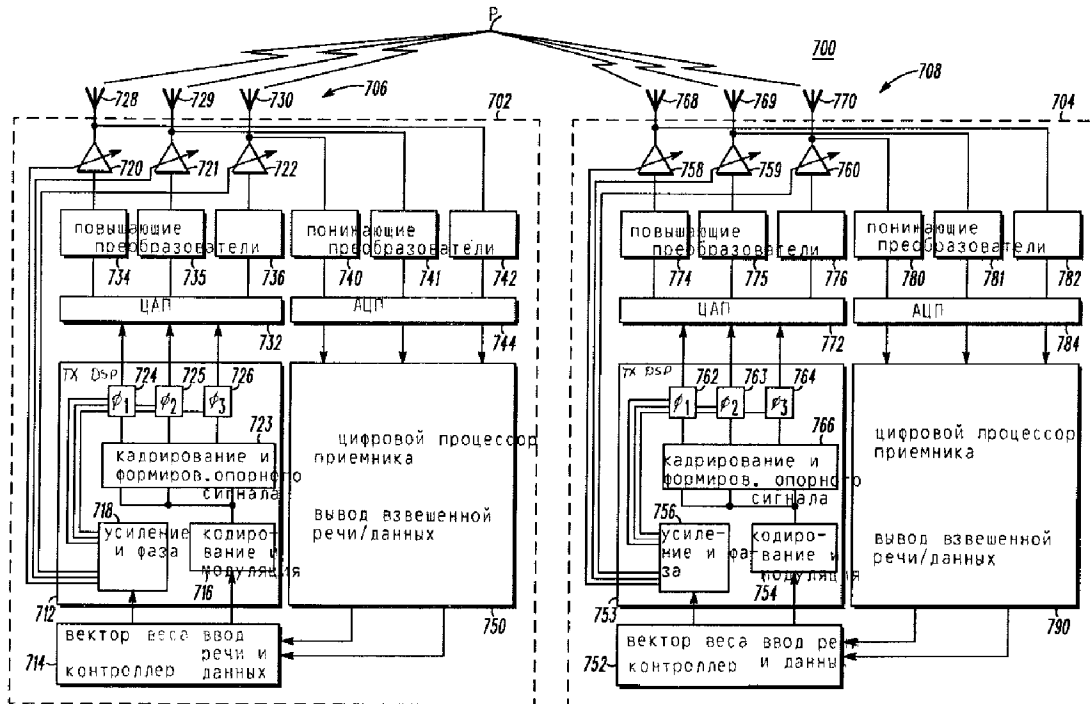
Фиг. 4



Фиг. 5



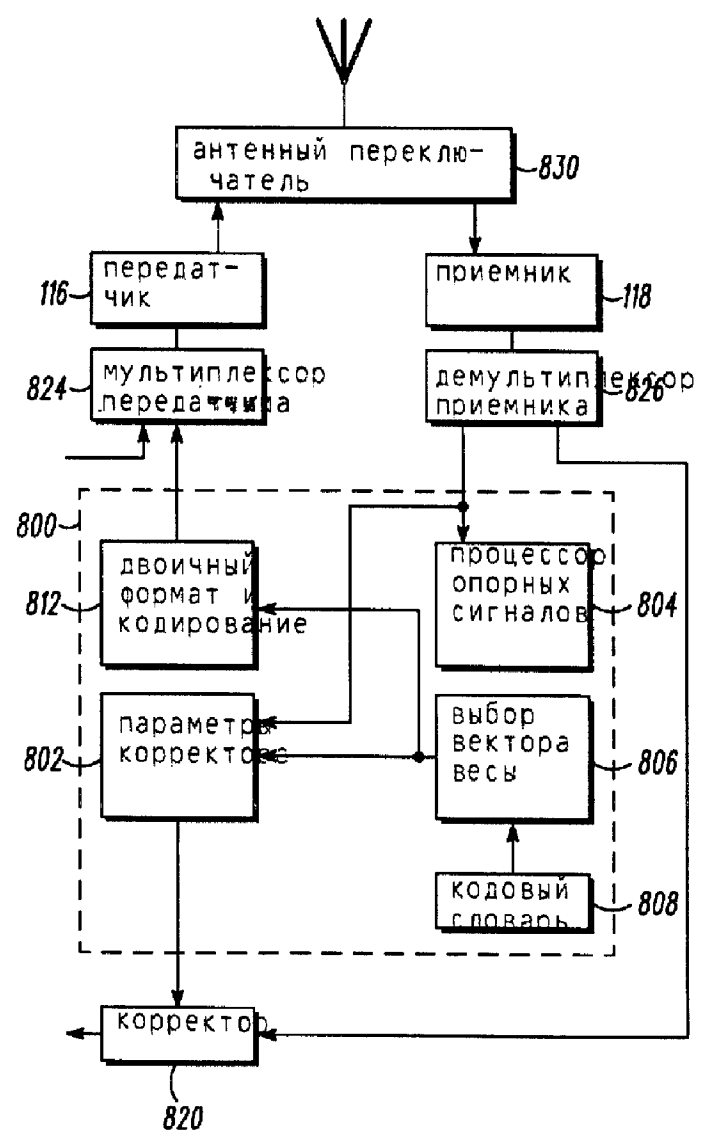
Фиг. 6



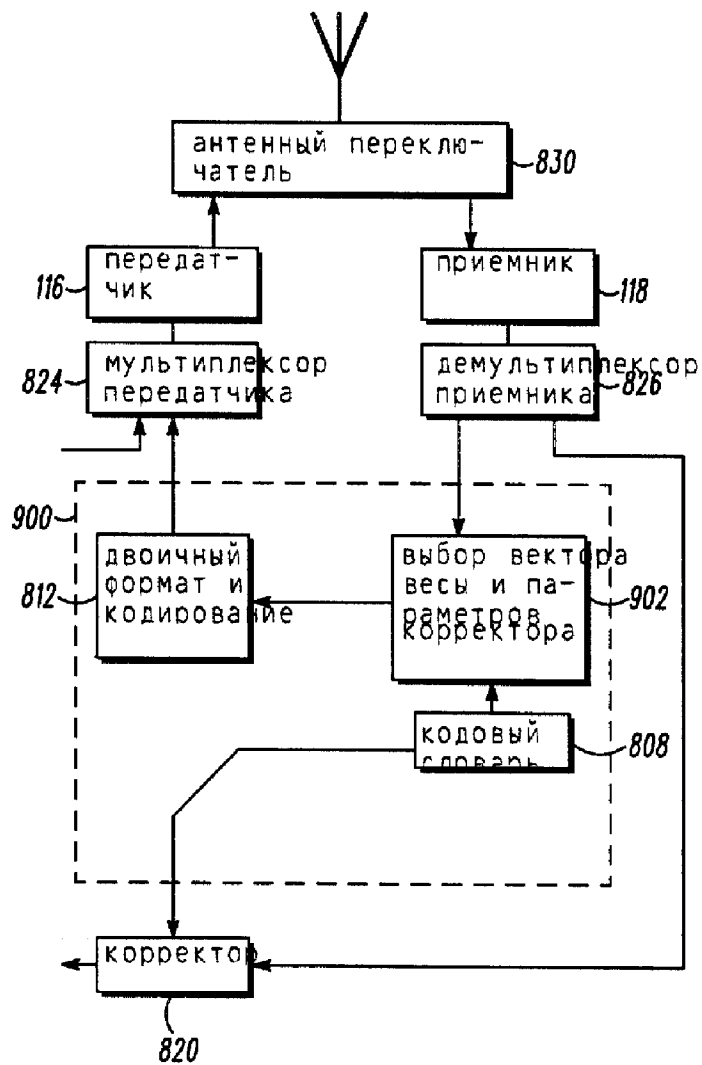
Фиг. 7

RU 2141168 C1

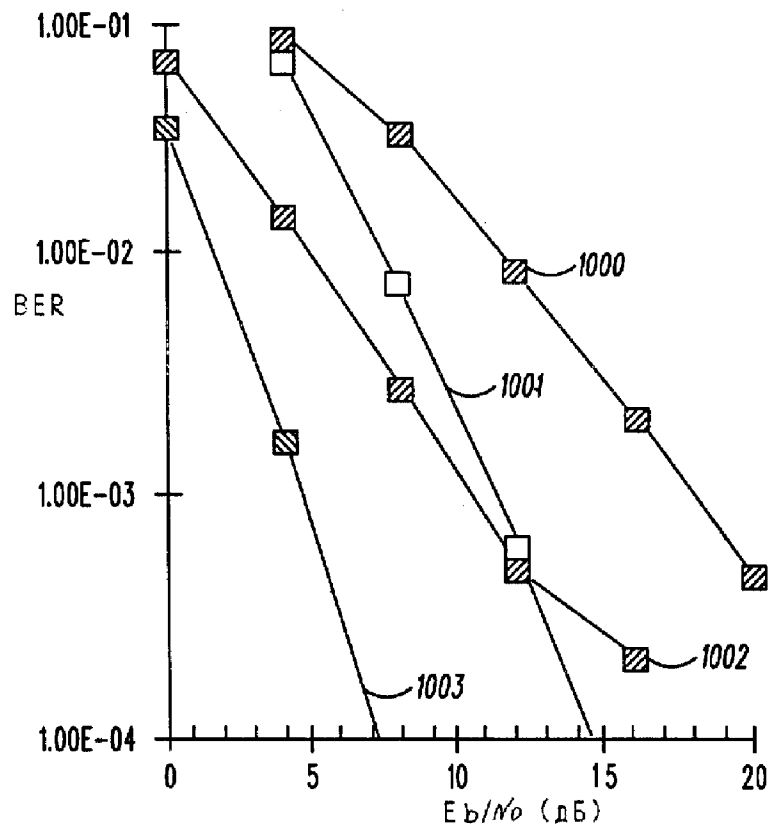
RU 2141168 C1



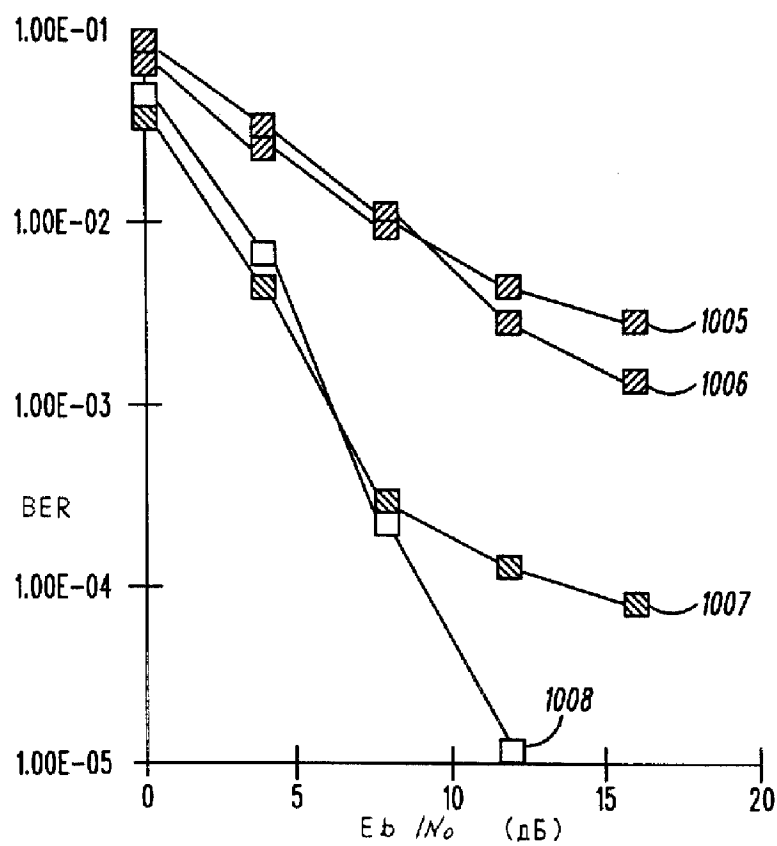
Фиг. 8



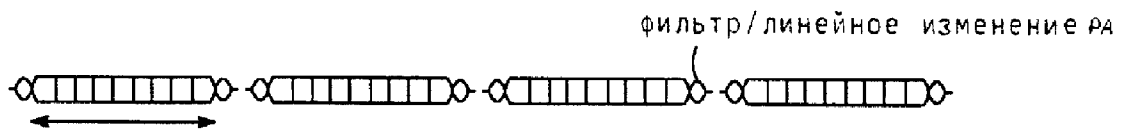
Фиг. 9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг. 12

RU 2141168 C1

RU 2141168 C1